

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP05/051335

International filing date: 23 March 2005 (23.03.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE  
Number: 10 2004 015 932.7  
Filing date: 01 April 2004 (01.04.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 03 May 2005 (03.05.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND****Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung****Aktenzeichen:**

10 2004 015 932.7

**Anmeldetag:**

01. April 2004

**Anmelder/Inhaber:**

MOELLER GmbH, 53115 Bonn/DE

**Bezeichnung:**Verfahren und Schaltungsanordnung zum  
Betreiben eines Magnetantriebes**IPC:**

H 01 F 7/18

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 17. März 2005  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

Schmidt C.



## Verfahren und Schaltungsanordnung zum Betreiben eines Magnetantriebes



Die Erfindung betrifft sowohl ein Verfahren als auch eine Schaltungsanordnung zum Betreiben eines Magnetantriebes nach dem jeweiligen Oberbegriff von Anspruch 1 bzw. 10.

Magnetantriebe bestehen aus einem Magnetjoch, einer Antriebsspule und einem Magnetanker, der bei ausreichender Bestromung der Antriebsspule vom Magnetjoch angezogen wird. Die Magnetantriebe finden Anwendung in elektromagnetischen Schaltgeräten – auch Schütze genannt – zum Verbinden und Trennen eines elektrischen Verbrauchers mit einem elektrischen Energienetz durch Schließen oder Öffnen der mit dem Magnetanker gekoppelten Hauptkontakte. Aus Gründen der Sicherheit verlangen die maßgeblichen Vorschriften für diese Schaltgeräte, bei energielosem Steuereingang des Magnetantriebes den Verbraucher vom Netz zu trennen. Elektromagnetische Schaltgeräte besitzen daher gewöhnlich Magnetantriebe, die im stromlosen Zustand der Antriebsspule die Hauptkontakte durch Rückstellfedern offen halten. Nachteilig bei derartigen Magnetantrieben ist, dass zum Geschlossenhalten der Hauptkontakte ein Haltestrom durch die Magnetspule und damit eine Halteleistung erforderlich ist, sodass während des Betriebes Verlustwärme entsteht, wofür die elektrische Anlage entsprechend thermisch ausgelegt werden muss.

Aus der Druckschrift DE 101 29 153 A1 ist ein elektromagnetisches Ventil mit Absenkung von einem höheren Anzugsstrom auf einen niedrigeren Haltestrom bekannt. Sensormittel in Form eines magnetfeldsensitiven Schalters oder eines Stromsensors für den Spulenstrom dienen zur Erfassung des beim Schalten des Ventils sich ändernden Magnetspulenfeldes bzw. Magnetspulenstromes zur Umschaltung auf den Haltestrom. Nach DE 299 09 901 ist eine Mikroprozessorsteuerung für einen Magnetantrieb bekannt, bei der durch Steuerung der Pulsbreite der Haltestrom minimiert wird. Ein nach DE 39 08 319 A1 bekanntes elektromagnetisches Schaltgerät weist zur Reduzierung der Anzugs- und der Halteleistung einen Permanentmagneten im Magnetjoch auf. Ein nach DE 101 33 713 C1 bekannte Magnetantrieb weist ebenfalls einen Permanentmagneten im Joch auf, der allein für die nötige Haltekraft sorgt. Beim Abschalten der Steuerspannung wird eine bis daher über einen Hilfsmagnetantrieb gehaltene mechanische Verriegelung gelöst, die daraufhin eine dem Permanentmagneten entgegenwirkende Federkraft zum Abfallen des Magnetankers freisetzt. Die vorgenannten Magnetantriebe erfordern allerdings noch eine erhebliche Halte- bzw. Hilfsleistung.

Die EP 0 721 650 B1 zeigt einen bistabilen Magnetantrieb mit zwischen einem Magnetjoch und einem zweigeteilten Magnetanker angeordneten Permanentmagnete sowie mit zwei einzeln zu erregenden Magnetspulen. Bei jeder bistabilen Stellung des Magnetankers ist ein



Flussweg mit niedriger Reluktanz und ein Flussweg mit hoher Reluktanz ausgebildet. Durch Bestromen der mit dem Flussweg hoher Reluktanz verketteten Magnetspule erfolgt die Bewegung des Magnetankers in die jeweils andere stabile Lage, wobei die Flusswege niedriger und hoher Reluktanz gegenseitig umkippen. Bei einer elektromagnetisch gesteuerten Ventiltriebsvorrichtung nach EP 0 376 715 B1 wird der Haltezustand allein durch einen Permanentmagneten im Magnetjoch bewirkt. Das Anziehen und Abfallen des Ankers wird dagegen durch entsprechend gepoltes kurzzeitiges Entladen eines Speicherkondensators bewirkt, der im vorangehenden Abgefallen-Zustand bzw. Haltezustand aufgeladen wurde. Aus der DE 199 58 888 A1 ist ein sogenannter Remanzantrieb bekannt, dessen Anker zwischen zwei gegenüberliegend und gegenpolig im Magnetjoch angeordneten Permanentmagneten zum einen die Ausschalt- und zum anderen die Einschaltposition einnimmt. Der Magnetanker wird durch kurzzeitiges Auf- oder Entladen eines Kondensators von der einen in die andere Position bzw. umgekehrt bewegt. Bei einem nach DE 201 13 647 U1 bekannten Magnetantrieb für ein elektromagnetisches Schaltgerät, ist in einem zweikreisigen Magnetjoch ebenfalls ein Permanentmagnet angeordnet, der allein die Haltekraft aufbringt. Zum Abfallen des Magnetankers wird ein während des Haltebetriebes aufgeladener Speicherkondensator über den Nebenschaltkreis entladen. Bei den vorgenannten Magnetantrieben werden keine Maßnahmen zum sicheren Abfallen des Magnetankers bei Ausbleiben der Steuerenergie aufgezeigt.

Aus der Druckschrift DE 101 46 110 A1 ist eine elektronische Schaltungsanordnung mit einem Mikrocontroller zum Umsteuern eines Magnetantriebes vom elektromagnetischen Anzugsbetrieb in den permanentmagnetischen Haltebetrieb bekannt. Bei Wegfall der Steuerungsspannung wird der kurzzeitige Entladestrom eines Speicherkondensators zum Entmagnetisieren des Magnetkreises und damit zum Abfallen des Magnetankers verwendet. Es sind keine Mittel angegeben, die bei einem Defekt der Schaltungsanordnung ein Verharren des Magnetantriebes im Haltebetrieb verhindern. Nach DE 199 54 037 A1 ist ein mikroprozessorgesteuerter Auslösemagnet eines Leistungsschalters mit permanentmagnetischer Haltekraft bekannt. Zur Überprüfung der Haltekraft wird die Auslösespule in regelmäßigen Abständen mit einem kurzzeitigen Stromimpuls belastet. Bei nachlassender Haltekraft erfolgt zur Sicherheit eine vorzeitige Auslösung.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Magnetantrieb mit permanentmagnetischem Haltebetrieb sowohl nach Abschalten der Steuerenergie als auch nach Auftreten von Defekten sicher in den Abgefallen-Zustand zu überführen.



Ausgehend von einem Verfahren der eingangs genannten Art wird die Aufgabe erfindungsgemäß durch die Merkmale des unabhängigen Verfahrensanspruches gelöst, während den abhängigen Verfahrensansprüchen vorteilhafte Weiterbildungen zu entnehmen sind.

Das erfindungsgemäße Verfahren beruht darauf, dass das Anziehen und Abfallen des Magnetankers über gesonderte Spulenmittel erfolgt. Der Anzugsbetrieb erfolgt durch eine Hauptabschaltspule in an sich bekannter Weise gemäß Verfahrensschritt C. Das Abfallen erfolgt im Normalfall durch die Entladung eines zuvor geladenen Ladungsspeichers über eine Hauptabschaltspule gemäß Verfahrensschritt E. Bei Versagen des Abfallbetriebes über die Hauptabschaltspule kann das Abfallen über eine redundante Hilfsabschaltspule erfolgen. Zur Gewährleistung einer hohen technischen Sicherheit erfolgen entsprechend Verfahrensschritt D regelmäßig Testschritte durch kurzzeitiges Bestromen jeweils einer der Abschaltspulen, ohne dass dabei der Magnetanker aus seiner Halteposition bewegt wird. Sollte beim Testen ein Versagen bezüglich des Abfallvermögens einer der Abschaltspulen festgestellt werden, wird zwangsweise das Abfallen des Magnetankers über die jeweils andere Abschaltspule eingeleitet. Anschließend erfolgt zwangsweise eine Dauerabschaltung der Steuerspannung, um ein erneutes Einschalten des fehlerhaften Magnetantriebsanordnung zu verhindern. Nach Einleitung des Verfahrens durch Anlegen der Steuerspannung mit Initialisierung der Steuerschaltung gemäß Verfahrensschritt A und noch vor Einleitung des Anzugsbetriebes erfolgen entsprechende Tests der Abschaltspulen mit nachfolgender Dauerabschaltung der Steuerspannung im Falle eines Defektes gemäß Verfahrensschritt B. Das Verfahren gewährleistet zum einen, dass der Magnetantrieb aus dem permanentmagnetischen Haltebetrieb sowohl bei bewusstem Abschalten als auch nach fehlerhaftem Ausbleiben der Steuerspannung mit Sicherheit in den abgefallenen Zustand seines Magnetankers übergeht. Das Verfahren gewährleistet zum anderen, dass der Magnetantrieb bei festgestellten Fehlern – wie Drahtbruch in bzw. zu den Spulenmitteln oder Defekten in der Steuerschaltung – den abgefallenen Zustand bleibend einnimmt oder beibehält. Das Verfahren verbraucht als Halteenergie lediglich die Energie zum Nachladen des Ladespeichers und zur Versorgung der elektronischen Steuerschaltung.

Um das Verfahrens gegenüber Änderungen der Steuerspannung und des Ladeverhaltens des Ladungsspeichers unempfindlicher zu machen, erfolgt das erstmalige Testen der Abschaltspulen vorteilhafterweise erst nach ausreichender Aufladung des Ladungsspeichers. Die Dauerabschaltung der Steuerspannung im Fehlerfall erfolgt zweckmäßigerweise durch Kurzschlussauslösung.

Einerseits lässt sich der kurzzeitige Stromfluss durch die Hilfsabschaltspule vorteilhaft als kurzzeitiger Spannungsabfall über einen Widerstand erfassen. Andererseits lässt sich der kurzzeitige Stromfluss durch die Hauptabschaltspule als kurzzeitige Spannungsabsenkung an dem Ladungsspeicher erfassen. Nach einer derartigen Spannungsabsenkung muss der Ladungsspeicher noch ausreichend Ladung zum Durchführen des normalen Abfallbetriebes aufweisen. Hierbei ist es von Vorteil, die Spannung über dem Laderspeicher hinsichtlich der Einhaltung eines Toleranzfensters während der Spannungsabsenkung zu überprüfen, um auch bei nachlassender Ladekapazität die Steuerspannung vorsorglich dauernd abzuschalten.

Eine vorteilhafte Weiterbildung des Verfahrens besteht darin, zu überprüfen, ob beim Testen der Abschaltspulen eine induktive Spannungserhöhung an der Einschaltspule auftritt, und beim Ausbleiben einer derartigen Spannungserhöhung die Dauerabschaltung einzuleiten. Das Ausbleiben einer derartigen Spannungserhöhung ist im Allgemeinen auf eine dauernde Bestromung der Einschaltspule infolge eines Defektes zurückzuführen.

Eine weitere vorteilhafte Weiterbildung besteht in der ständigen Überwachung eines bei der Durchführung des Verfahrens maßgeblich beteiligten Mikrocontrollers und der Beibehaltung bzw. Einnahme des abgefallenen Zustandes durch Ansteuerung einer der beiden Abschaltspulen bei Ausfall des Mikrocontrollers, beispielsweise bei einem Programmabsturz.

Die zur Sicherung des abgefallenen Zustandes auf den Magnetanker einwirkende Rückhalterkraft wird zweckmäßigerweise durch mindestens eine Rückstellfeder und/oder durch mindestens einen weiteren Permanentmagneten hervorgerufen.

Weiterhin wird, ausgehend von einer Schaltungsanordnung der eingangs genannten Art, die Aufgabe erfindungsgemäß durch die Merkmale des unabhängigen Anspruchs gelöst, während den nachgeordneten Ansprüchen vorteilhafte Weiterbildungen der Schaltungsanordnung zu entnehmen sind.

Die getrennten Spulenmittel in Form einer Einschaltspule, einer Hauptabschaltspule und einer Hilfsabschaltspule als Redundanz zur Hauptabschaltspule sowie mit diesen Spulen verbundene Schaltglieder gestatten in Verbindung mit einer Steuerschaltung eine optimale Auslegung des Magnetantriebes hinsichtlich seines Schaltverhaltens und seines Energieverbrauchs. Weiterhin sind Strom- und Spannungsüberwachungsmittel als Sensoren für regelmäßig und abwechselnd zu erwartende Stromstöße vorgesehen, die beim Testen der Abschaltzweige durch kurzzeitiges, ohne Auswirkung auf den Magnetanker bewirktes Schließen



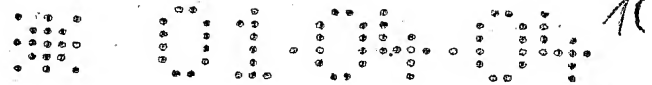
der zugehörigen Abschaltglieder auftreten sollten. Bei Verschwinden der Steuerspannung – ob bewusst gesteuert oder durch einen Defekt in der zuführenden Versorgungsleitung hervorgerufen – wird das Hauptabschaltglied geschlossen, um durch Entladen des Ladungsspeichers über die Hauptabschaltspule den Magnetanker in die abgefallene Stellung zurückzuführen. Ein mit den Erfassungsmitteln und den Schaltgliedern verbundener Mikrocontroller löst nach einem fehlerhaften Test - gegebenenfalls nach Rückführung des Magnetanker in die abgefallene Stellung durch Schließen des Haupt- oder des Hilfsabschaltgliedes – einen Dauerunterbrecher für die Steuerspannung aus, um ein Wiedereinschalten der fehlerhaften Antriebsanordnung zu verhindern.

Der Dauerunterbrecher ist in einfacher Weise als Kurzschlussicherung mit einem nachgeschalteten Kurzschlusschaltglied ausgeführt. Alternativ zur Kurzschlussicherung kann eine thermisch ansprechende Schwachstelle einer Leiterbahn vorgesehen sein. Eine vorteilhafte Weiterbildung ergibt sich aus einem zwischen der Einschaltspule und dem Kurzschlusschaltglied angeordneten aktiven Tiefpass. Bei ordnungsgemäß pulsgesteuert aktiviertem Einschaltzweig wird ein Ladekondensator wechselseitig auf- und abgeladen, ohne eine für das Kurzschlusschaltglied auslösende Ladespannung zu erreichen. Sollte das Einschaltglied infolge eines Defektes ständig geschlossen, d.h. dauernd leitend sein, dann erreicht der Ladekondensator in kurzer Zeit eine das Kurzschlusschaltglied auslösende Ladespannung.

Zweckmäßigerweise bestehen die Stromüberwachungsmittel aus einem in Reihe mit der Hilfsabschaltspule angeordneten Stromerfassungswiderstand und einer nachgeordneten ersten Verstärkerschaltung.

Vorteilhafterweise bestehen die Spannungserfassungsmittel aus einem mit dem Ladungsspeicher verbundenen Hochpass und einer nachgeordneten zweiten Verstärkerschaltung. Beim Testen des Hauptabschaltzweiges wird erfasst, ob die durch den Stromstoß in der Hauptabschaltspule verursachte Spannungsabsenkung am Ladungsspeicher innerhalb eines vorgebbaren Fensters liegt. Eine in Weiterbildung der Schaltungsanordnung vorgesehene weitere vom Ladungskondensator ausgehende, dritte Verstärkerschaltung signalisiert dem Mikrocontroller das Erreichen einer für das Testen der Abschaltzweige erforderlichen Mindestladespannung.

Es ist außerdem von Vorteil, die pulsgesteuert aktivierbare Einschaltspule mit einem außerhalb des Anzugsbetriebes deaktivierbaren Freilaufkreis und mit einer die Deaktivierungsfunktion des Freilaufkreises kontrollierenden, vierten Verstärkerschaltung zu verbinden. Die vierte Verstärkerschaltung detektiert das Auftreten von kurzzeitigen Spannungserhöhungen, die



durch die Stromstöße in einer der Abschaltspulen während des Testens des betreffenden Abschaltzweiges in der Einschaltspule induziert werden. Bei infolge eines Defektes nicht deaktivierbarem Freilaufkreis entsteht ein Kurzschluss für die zu erwartenden Spannungserhöhungen, sodass von der vierten Verstärkerschaltung keine Spannungserhöhungen an den Mikrocontroller signalisiert werden, worauf dieser den Dauerunterbrecher auslöst. Damit wird verhindert, dass im Abfallbetrieb zusätzlich Ladung infolge der über den nicht deaktivierten Freilaufkreises kurzgeschlossenen Einschaltspule vom Ladungsspeicher abfließt, sodass die verbleibende Ladung nicht mehr zum ordnungsgemäßen Zurückführen des Magnetankers ausreichen könnte.

Die zur Sicherung des abgefallenen Zustandes auf den Magnetanker vorgesehenen Rückhaltemittel sind zweckmäßigerweise als mindestens eine Rückstellfeder und/oder mindestens ein weiterer Permanentmagnet ausgebildet.

Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus dem folgenden, anhand von Figuren erläuterten Ausführungsbeispiel. Es zeigen

- Figur 1: die Darstellung des erfindungsgemäßen Verfahrens in einem Ablaufdiagramm;
- Figur 2: die Blockdarstellung einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung;
- Figur 3: eine Detaildarstellung aus Fig. 2;
- Figur 4: eine weitere Detaildarstellung aus Fig. 2;
- Figur 5: Zeitdiagramme zur Erläuterung des Verfahrens und der Schaltungsanordnung.

Das nachfolgend anhand von Fig. 1. beschriebene Verfahren dient zum Betreiben eines Magnetantriebes, der in bekannter Weise aus einem Magnetjoch, mindestens einem mit diesem verbundenen Permanentmagneten, einem gegenüber dem Magnetjoch beweglichen Magnetanker und elektromagnetischen Spulenmitteln und besteht, und mittels einer einen Mikrocontroller aufweisenden Steuerschaltung durch eine von einer Steuerspannungsquelle gelieferte Steuerspannung angesteuert wird. Eine den abgefallenen Zustand des Magnetankers sichernde Rückhaltekraft wird durch mindestens einer Rückstellfeder bewirkt. Durch das Verfahren wird der permanentmagnetisch unterstützte elektromagnetische Anzugsbetrieb entgegen der Rückhaltekraft, der ausschließlich permanentmagnetische Haltebetrieb und der durch die Rückhaltekraft unterstützte, elektromagnetisch entgegen die permanentmagnetische Haltekraft bewirkte Abfallbetrieb in energiesparender und sicherer Weise durchgeführt.

Das in Fig. 1. dargestellte Ablaufdiagramm geht von dem den abgefallenen Zustand des Magnetankers entsprechenden Ausgangszustand AUS des erfindungsgemäßen Verfahrens aus.





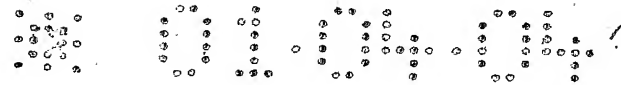
Im ersten Verfahrensschritt A wird geprüft, ob die Steuerspannung  $V_i$  auf einen wesentlich von Null sich unterscheidenden Wert angestiegen ist. Wenn das der Fall ist, wird durch die Steuerspannung  $V_i$  die Steuerschaltung in einen definierten Anfangszustand zurückgesetzt und initialisiert. Mit Anlegen der Steuerspannung  $V_i$  beginnt das Aufladen eines Ladungsspeichers C1.

In einem nachfolgenden Verfahrensschritt B wird von der Steuerschaltung getestet, ob eine Hauptabschaltspule L3 und eine zu dieser redundante Hilfsabschaltspule L4 jede für sich zum Überführen des Magnetankers aus dem Haltezustand in den abgefallenen Zustand in der Lage sind. Beide Abschaltspulen L3, L4 sind elektromagnetisch mit dem Magnetjoch verbunden. Dazu wird in einem ersten Testschritt des Verfahrensschrittes B die Hilfsabschaltspule L4 für eine Zeit von 0,3 ms angesteuert. Bei positivem Verlauf dieser Testschrittes fließt kurzzeitig ein von der Steuerspannungsquelle gelieferter Strom durch die Hilfsabschaltspule L4. Dieser Strom wird als Spannungsabfall  $VR_6$  über einen mit der Hilfsabschaltspule L4 verbundenen Stromerfassungswiderstand R6 erfasst und veranlasst die Steuerschaltung zu prüfen, ob die Ladespannung  $VC_1$  über dem Ladungsspeicher C1 eine vorgegebene ausreichende Höhe erreicht hat. Bei ausreichender Höhe der Ladespannung  $VC_1$  wird zum zweiten Testschritt des Verfahrensschrittes B übergegangen. Hierin wird die Hauptabschaltspule L3 für eine Zeit von 0,3 ms angesteuert. Bei positivem Verlauf dieses Testschrittes fließt durch die Hauptabschaltspule L3 kurzzeitig ein vom Ladungsspeicher C1 gelieferter Strom, der jedoch in dem Ladungsspeicher C1 noch eine ausreichende Ladung belässt, um den ordnungsgemäßen Abfallbetrieb zu gewährleisten. Der kurzzeitige Stromfluss durch die Hauptabschaltspule L3 verursacht eine kurzzeitige Spannungsabsenkung  $-\Delta VC_1$  über dem Ladungsspeicher C1. Wird die Höhe der Spannungsabsenkung  $-\Delta VC_1$  innerhalb eines vorgegebenen Spannungsfensters festgestellt, wird zum Verfahrensschritt C übergegangen. Sollte allerdings im ersten Testschritt kein Spannungsabfall über dem Stromerfassungswiderstand R6 oder im zweiten Testschritt keine Spannungsabsenkung über dem Ladungsspeicher C1 innerhalb des vorgeschriebenen Fensters festgestellt werden, wird über eine Kurzschlussauslösung die Steuerspannung  $V_i$  bleibend abgeschaltet. Mit der Dauerabschaltung der Steuerspannung  $V_i$  wird der Endzustand STILLGELEGT erreicht. Danach besteht ohne vorhergehende Reparatur keine Möglichkeit, den Magnetantrieb anzusteuern. Das Ausbleiben des Spannungsabfalls  $VR_6$  im ersten Testschritt bedeutet, dass ein Zurückführen des Magnetankers in die abgefallene Stellung mittels der redundanten Hilfsabschaltspule L4 im Bedarfsfalle – nämlich dann, wenn das Zurückführen des Magnetankers über die Hauptabschaltspule misslingt – ebenfalls nicht möglich wäre. Ein Nichterreichen des vorgegebenen Spannungsfensters durch die Spannungsabsenkung  $-\Delta VC_1$  über den Ladungsspeicher C1 im zweiten Testschritt bedeutet, dass ein Zurückführen des angezogenen Magnetankers in die

abgefallene Stellung über die Hauptabschaltspule L3 fehlschlagen würde. Ein Überschreiten des Spannungsfensters durch die Spannungsabsenkung  $-\Delta VC1$  bedeutet dagegen, dass die Kapazität des Ladungsspeichers C1 soweit abgesunken ist, dass die speicherbare Ladung nicht mehr zum Zurückführen des angezogenen Magnetankers in die abgefallene Stellung durch Entladen des Ladungsspeichers C1 über die Hauptabschaltspule L3 ausreicht.

Nachdem die Steuerschaltung den erfolgreichen Ablauf der Testschritte im Verfahrensschritt B registriert hat, wird der Anzugsbetrieb gemäß dem Verfahrensschritt C zum Übergang des Magnetantriebes in den eingeschalteten Zustand durchgeführt. Hierzu wird eine Einschaltspule L1 bis zum sicheren Erreichen der angezogenen Position des Magnetankers aufgesteuert und danach wieder deaktiviert. Der Magnetanker wird nun ausschließlich permanentmagnetisch gehalten. Die Einschaltspule L1 und die Abschaltspulen L3, L4 sind elektromagnetisch mit dem Magnetjoch verbunden. Die Einschaltspule L1 wird in bekannter Weise (beispielsweise entsprechend DE 299 09 901 U1) pulsweitenmoduliert aufgesteuert und ist mit einem aktivierbaren Freilaufkreis FL verbunden. Der Freilaufkreis FL wird mit der pulsgesteuerten Aufsteuerung der Einschaltspule L1 aktiviert und zusammen mit dieser deaktiviert. Mit Ablauf des Verfahrensschrittes C wird der eingeschaltete Zustand EIN eingenommen.

Während des mit dem Zustand EIN beginnenden Haltebetriebes wird im darauffolgenden Verfahrensschritt D in zwei Schritten das Abschaltvermögen mittels der Abschaltspulen L3 und L4 getestet, ohne dass dabei der Magnetanker aus seiner Halteposition bewegt wird. Analog zum Verfahrensschritt B wird im ersten bzw. zweiten Testschritt des Verfahrensschrittes D die Hilfsabschaltspule L4 bzw. die Hauptabschaltspule L3 für 0,3 ms aufgesteuert und auf das Erscheinen eines Spannungsabfalls VR6 an dem mit der Hilfsabschaltspule L4 verbundenen Stromerfassungswiderstand R6 bzw. einer in das vorgegebene Spannungsfenster fallenden Spannungsabsenkung  $-\Delta VC1$  an dem mit der Hauptabschaltspule L3 verbundenen Ladungsspeicher C1 beobachtet. Bei positivem Verlauf der beiden Testschritte werden diese mit einer gewissen Periode wiederholt. Wird jedoch zu irgend einem Zeitpunkt während der ersten Testschritte kein Spannungsabfall über dem Stromerfassungswiderstand R6 festgestellt, dann wird zunächst der Magnetanker durch Entladen des Ladungsspeichers C1 über Aufsteuerung der Hauptabschaltspule L3 in den abgefallenen Zustand überführt und über dem zwischenzeitlich erreichten Zustand AUS durch Kurzschließen der Steuerspannung  $V_i$  der Endzustand STILLGELEGT eingenommen. Wird dagegen zu irgend einem Zeitpunkt während der zweiten Testschritte keine Spannungsabsenkung über dem Ladungsspeicher C1 innerhalb des vorgeschriebenen Fensters festgestellt, dann wird zunächst der Magnetanker durch Aufsteuern der von der Steuerspannungsquelle gespeisten Hilfsabschaltspule L4 in



den abgefallenen Zustand überführt und über den zwischenzeitlich erreichten Zustand AUS durch Kurzschließen der Steuerspannung Vi der Endzustand STILLGELEGT eingenommen.

Mit Wegnahme der Steuerspannung Vi – sei es gewollt gesteuert oder durch einen Defekt in der Zuführung oder der Erzeugung der Steuerspannung Vi – wird der Abfallbetrieb gemäß Verfahrensschritt E durchgeführt. Hierbei wird der Ladungskondensator C1 über die aufgesteuerte Hauptabschaltspule L3 entladen, womit der Magnetanker in die abgefallene Stellung bzw. der Magnetantrieb in den ausgeschalteten Zustand übergeht. Nun ist wieder der Ausgangszustand AUS eingenommen worden, aus dem durch erneutes Anlegen der Steuerspannung Vi das Verfahren, beginnend mit dem Verfahrensschritt A, erneut gestartet werden kann.

Während des zweiten Testschrittes in den Verfahrensschritten B und D wird zusätzlich überprüft, ob an der Einschaltspule L1 eine induzierte Spannungserhöhung infolge des kurzzeitigen Stromes in der Hauptabschaltspule L3 und der elektromagnetischen Kopplung zwischen der Hauptabschaltspule L3 und der Einschaltspule L1 auftritt. Wenn eine wesentliche Spannungserhöhung  $+\Delta V_{L1}$  im zweiten Testschritt von der Steuerschaltung registriert wird, wird vom Verfahrensschritt B zum Verfahrensschritt C übergegangen bzw. der Verfahrensschritt D mit Einleitung des ersten Testschrittes periodisch wiederholt. Wenn allerdings während des zweiten Testschrittes von Verfahrensschritt B keine Spannungserhöhung  $+\Delta V_{L1}$  festgestellt wird, wird durch Kurzschließen der Steuerspannung Vi der Endzustand STILLGELEGT eingenommen. Wenn dagegen während eines der zweiten Testschritte nach Verfahrensschritt D keine Spannungserhöhung  $+\Delta V_{L1}$  an der Einschaltspule L1 festgestellt wird, wird zuerst der Magnetanker durch Aufsteuern der von der Steuerspannungsquelle gespeisten Hilfsabschaltspule L4 in den abgefallenen Zustand überführt und über den somit erreichten Zustand AUS durch Kurzschließen der Steuerspannung Vi der Endzustand STILLGELEGT eingenommen. Das Ausbleiben der zu erwartenden Spannungserhöhung  $+\Delta V_{L1}$  während des zweiten Testschrittes bedeutet, dass der Freilaufkreis FL infolge eines Defektes nicht inaktiv ist, und damit ein Kurzschluss für induzierte Spannungserhöhungen darstellt. Dieser Kurzschluss würde auch im normalen Abfallbetrieb gemäß Verfahrensschritt E auftreten. Wegen der elektromagnetischen Kopplung zwischen der Einschaltspule L1 und der Hauptabschaltspule L3 würde dieser Kurzschluss während der Entladung des Ladungsspeichers C1 über die Hauptabschaltspule L3 im Verfahrensschritt E zu einer erheblichen Minderung der Magnetfeldstärke im Magnetjoch gegenüber der bei inaktivem Freilaufkreis FL auftretenden Magnetfeldstärke führen. Durch eine solchermaßen verminderte Magnetfeldstärke ist nicht mehr das sichere Zurückführen des Magnetankers in die abgefallene Stellung gewährleistet.

Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die vorstehend beschriebene Ausführungsform des Verfahrens beschränkt, sondern umfasst auch alle im Sinne der Verfahrensansprüche gleichwirkenden Ausführungsformen. So kann das Verfahren beispielsweise dahingehend abgewandelt werden, dass in den Verfahrensschritten B und D die ersten und die zweiten Testschritte hinsichtlich ihrer zeitlichen Aufeinanderfolge vertauscht werden. Eine weitere Abwandlungsmöglichkeit besteht darin, dass das Auswerten einer in der Einschaltpule L1 zu erwartenden Spannungserhöhung  $\Delta V_{L1}$  während des ersten Testschrittes von Verfahrensschritt D, also hinsichtlich der induktiven Wirkung des durch die Hilfsabschaltpule L4 kurzzeitig fließenden Stromes, oder während beider Testschritte erfolgt. Eine Abwandlung im Rahmen der Erfindung besteht noch darin, dass die auf den Magnetanker auszuübende Rückhaltekraft zusätzlich oder alternativ durch mindestens einen weiteren Permanentmagneten bewirkt. Rückhaltefedern für die Rückhaltekraft sind beispielsweise in der bereits genannten DE 101 33 713 C1 aufgeführt, Weitere Permanentmagneten für die Rückhaltekraft sind beispielsweise in der bereits genannten EP 0 721 650 B1 aufgeführt.

10



außen an Versorgungsklemmen A0 und A1 anzulegenden Versorgungsspannung  $V_a$  gewonnen. Die Versorgungsspannung  $V_a$  kann aus einer Gleich- oder einer Wechselspannungsquelle bezogen werden und wird zum Einleiten des Anzugsbetriebes eingeschaltet und zum Einleiten des Abfallbetriebes wieder abgeschaltet. Der potenzialmäßig tiefliegende Speiseanschluss S2 ist mit dem Massepotenzial der Steuerschaltung verbunden. Mit dem hochliegenden Speiseanschluss S1 ist ein Steuerspannungscontroller BVi verbundenen, der beim Erreichen einer ausreichenden Höhe der Steuerspannung  $V_i$  nach Anlegen der Versorgungsspannung  $V_a$  den Mikrocontroller MC initialisiert.

Ein Hilfsabschaltzweig aus der Reihenschaltung einer Hilfsabschaltspule L4, einem elektronischen Hilfsabschaltglied T4 und Stromüberwachungsmitteln BI4 ist direkt mit den Speiseanschlüssen S1, S2 verbunden. Ausgehend von dem hochliegenden Speiseanschluss S1 wird die Steuerspannung  $V_i$  über einen auslösbaren Dauerunterbrecher DU den übrigen Schaltungsteilen zugeführt. Ein Einschaltzweig aus der Reihenschaltung einer Einschaltspule L1 und einem elektronischen Einschaltglied T1 ist dem Dauerunterbrecher nachgeschaltet. Dem Dauerunterbrecher ist weiterhin eine Reihenschaltung aus einer in Durchlassrichtung gepolten Entkoppeldiode D8 und einem aus einer Hauptabschaltspule L3 und einem elektronischen Hauptabschaltglied T3 gebildeten seriellen Hauptabschaltzweig nachgeschaltet. Der Ladungsspeicher C1 und Spannungserfassungsmittel BV3 sind beide parallel zum Hauptabschaltzweig L3-T3 angeordnet. Der Einschaltzweig L1-T1 und der Hauptabschaltzweig L3-T3 sowie der Ladungsspeicher C1 und die Spannungserfassungsmittel BV3 werden von einer abschaltbaren Steuerspannung  $V_i'$  gespeist, die bei durchlässigem Dauerunterbrecher DU gleich der Steuerspannung  $V_i$  und bei ausgelöstem Dauerunterbrecher gleich Null ist. Eingänge des Mikrocontrollers MC sind mit den Stromerfassungsmitteln BI4 und den Spannungserfassungsmitteln BV3 verbunden. Ausgänge des Mikrocontrollers MC sind mit den Schaltglieder T1, T3 und T4 sowie mit dem Dauerunterbrecher DU verbunden. Durch die Entkoppeldiode D8 wird verhindert, dass Ladung vom Ladungsspeicher C1 über die Einschaltzweig L1-T1 und über den Hilfsabschaltzweig L4-T4-BI4 abfließen kann.

Der Mikrocontroller MC ist so programmiert, dass er mit einem nach Anlegen der Steuerspannung  $V_i$  mit Verzögerung auftretenden Rücksetzsignal am Ausgang des Steuerspannungscontrollers BVi initialisiert wird, das Hilfsabschaltglied T4 und darauf das Hauptabschaltglied T3 testweise zum Schließen, d.h. zum Versetzen in den leitenden Zustand, ansteuert, das Einschaltglied T1 zum Überführen des Magnetankers in die angezogene Stellung pulsgesteuert aktiviert und danach deaktiviert und nach Wegfall der Steuerspannung  $V_i$  das Hauptabschaltglied T4 zum Überführen des Magnetankers in die abgefallene Stellung schließt, wobei die elektromagnetische Rückführkraft aus der durch die Hauptabschaltspule

L3 abfließenden Ladung des Ladungsspeichers C1 gewonnen wird. Das testweise Schließen der Abschaltglieder T3 und T4 geschieht nur für eine kurze Zeit, beispielsweise für 0,3 ms, sodass dies keine Auswirkung auf den Magnetanker hat. Wenn der Mikrocontroller MC während des testweisen Ansteuerns des Hauptabschaltgliedes T3 kein Ausgangssignal von den Spannungserfassungsmitteln BV3 empfängt, schließt er das Hilfsabschaltglied T4. Der daraufhin von den Speiseanschlüssen S1, S2 gelieferte Strom durch die Hilfsabschaltspule L4 führt den Magnetanker aus der Haltestellung in die abgefallene Stellung zurück – es sei denn, der Magnetanker befand sich noch in der abgefallenen Stellung. Nachfolgend löst der Mikrocontroller MC den Dauerunterbrecher DU aus, sodass die nachfolgenden Schaltungsteile von der Steuerspannung  $V_i$  getrennt sind. Wenn der Mikrocontroller MC dagegen während des testweisen Ansteuerns des Hilfsabschaltgliedes T4 kein Ausgangssignal von den Stromerfassungsmitteln BI4 empfängt, schließt er das Hauptabschaltglied T3. Der daraufhin von dem Ladungsspeicher C1 gelieferte Strom durch die Hauptabschaltspule L3 führt den Magnetanker aus der Haltestellung in die abgefallene Stellung zurück – es sei denn, der Magnetanker befand sich noch in der abgefallenen Stellung. Auch in diesem Falle löst nachfolgend der Mikrocontroller MC den Dauerunterbrecher DU aus, sodass die nachfolgenden Schaltungsteile von der Steuerspannung  $V_i$  getrennt sind.

Mit der Einschaltspule L1 und dem Einschaltglied T1 ist ein aktiver Tiefpass AT verbunden, dessen Ausgang mit dem Dauerunterbrecher DU verbunden ist. Der aktive Tiefpass AT lädt sich bei pulsgesteuerter Aufsteuerung des Einschaltgliedes T1 abwechselnd auf und ab, ohne dabei eine vorgegebene Auslösespannung zu erreichen. Kann das Einschaltglied T1 infolge eines Defektes nicht mehr gesperrt werden, so erreicht der aktive Tiefpass AT die Auslösespannung und löst damit den Dauerunterbrecher DU zur Trennung der nachfolgenden Schaltungsteile von der Steuerspannung  $V_i$  aus.

Zum Schutz des Einschaltgliedes T1 vor Überspannungen und zum schnellen Abbau der magnetischen Energie ist parallel zur Einschaltspule L1 in an sich bekannter Weise ein Freilaufkreis FL angeordnet. Der Freilaufkreis FL würde im Abfallbetrieb wegen der elektromagnetischen Kopplung über die Gegeninduktivität zwischen Einschaltspule L1 und Hauptabschaltspule L3 eine erhebliche Zusatzbelastung für den Ladekondensator C1 bedeuten. Durch diese Zusatzbelastung würde die auf dem Ladungsspeicher C1 gespeicherte Ladung nicht mehr ausreichen, um den Magnetanker sicher in die abgefallene Stellung zurückzuführen. Daher ist der Freilaufkreis FL als aktivierbarer Freilaufkreis ausgebildet, der vom Mikrocontroller MC zusammen mit dem Einschaltglied T1 aktiviert und deaktiviert wird. Das heißt, der außerhalb des Anzugsbetriebes deaktivierte Freilaufkreis FL kann den Ladekondensator C1 im Abfallbetrieb nicht belasten. Im deaktivierten Zustand des Freilaufkreises FL wird wäh-

rend des Testens des Hauptabschaltzweiges L3-T3 infolge des kurzzeitigen Stromflusses durch die Hauptabschaltpule L3 eine Spannungserhöhung  $+\Delta V_{L1}$  induziert, die über weitere Spannungserfassungsmittel BV1 dem Mikrocontroller MC signalisiert wird. Beim Ausbleiben der Spannungserhöhung  $+\Delta V_{L1}$  während der testweisen Ansteuerung des Hauptabschaltgliedes T3 wird das Hilfsabschaltglied T4 zum Einnehmen des abgefallenen Zustandes durch den Magnetanker eingeschaltet und danach der Dauerunterbrecher DU ausgelöst.

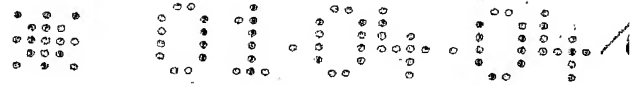
Weiterhin wird vom Mikrocontroller MC eine Watchdog-Überwachungsschaltung WC angesteuert, die bei Störung des Mikrocontroller MC die Überführung des Magnetankers aus der Anzugsposition in die Abfallstellung durch Schließen des Hauptabschaltgliedes T3 bewirkt.

Fig. 3 und Fig. 4 zeigen beispielhaft Details der Schaltungsanordnung aus Fig. 2. Die Eingangsschaltung E1 besteht eingangsseitig aus einem Entstörkondensator C10 sowie einem Spannungsbegrenzungswiderstand R35 und ausgangseitig aus einem Vollweggleichrichter mit den Gleichrichterdioden D11 bis D14. Die am Ausgang des Vollweggleichrichters D11-D14 bzw. an den Speiseanschlüssen S1, S2 anstehende Steuerspannung  $V_i$  gelangt als abschaltbare Steuerspannung  $V_i'$  über den Dauerunterbrecher DU. Der Dauerunterbrecher DU besteht aus einer in der Steuerspannungsleitung W1 eingefügten Kurzschlussicherung F1 und einem nachfolgenden, zwischen der Steuerspannungsleitung W1 und dem Massepotential angeordneten Halbleiter-Kurzschlusschaltglied T6. Der Mikrocontroller MC liefert an einem Ausgang La0 ein Kurzschließsignal CB über einen integrierten Verstärker IV32 und eine erste ODER-Diode D6 an die Basiselektrode des Kurzschlusschaltgliedes T6.

Die Steuerspannung  $V_i$  wird über den Steuerspannungscontroller BVi einem Anschluss A3 des Mikrocontrollers MC zugeführt und bestimmt mit üblichen Mitteln sowie in Verbindung mit einem Anschluss A2 des Mikrocontrollers MC die Einschaltbereitschaft des Mikrocontroller MC hinsichtlich der sich aufbauenden Steuerspannung  $V_i$  sowie die Pulsweite während der pulsweitengesteuerten Aktivierung des Einschaltgliedes T1.

Die abschaltbare Steuerspannung  $V_i'$  speist über einen Ladewiderstand R14 und die Entkoppeldiode D8 den kapazitiven Ladungsspeicher C1. Die abschaltbare Steuerspannung  $V_i'$  und die Ladespannung VC1 über dem Ladungsspeicher C1 werden getrennt über Entkoppeldioden D21 und D20 einem Schaltnetzteil ST zugeführt. Das Schaltnetzteil ST liefert die zur Spannungsversorgung der Steuerschaltung erforderliche Versorgungsgleichspannung von +13,6 V und die davon abgeleitete Versorgungsgleichspannung von +5 V. Im Anzugsbetrieb sowie im Haltebetrieb werden das Schaltnetzteil ST und damit die Steuerschaltung von der abschaltbaren Steuerspannung  $V_i'$  gespeist. Im Abfallbetrieb dagegen werden das Schalt-





netzteil ST und damit die Steuerschaltung von der Ladespannung VC1 gespeist. Der +5 V-Ausgang des Schaltnetztes ST ist außerdem mit einer Rücksetzschaltung verbunden, die in üblicher Weise aus einem integrierten Verstärker IV7, einem ausgangsseitigen Integrationskondensator C28 und einem Rückführwiderstand R65 besteht. Mit dem Aufbau der abschaltbaren Steuerspannung  $V_i$  nach Anlegen der Versorgungsspannung  $V_a$  wird vom Verstärker IV7 ein Rücksetzsignal RES an den RESET-Eingang des Mikrocontrollers MC gesendet, worauf der Mikrocontroller MC in einen definierten Ausgangszustand zurückgesetzt wird.

Der Hilfsabschaltzweig besteht aus der Hilfsabschaltspule L4, dem Halbleiter-Hilfsabschaltglied T4 und dem in dessen Emitterkreis angeordneten Stromüberwachungswiderstand R6. Der Mikrocontroller MC gibt an einem Ausgang La2 ein testendes und im erforderlichen Falle ein den Magnetanker zurückführendes Hilfsabschaltsignal ABr aus. Das Hilfsabschaltsignal ABr wird über einen integrierten Verstärker IV31 und einem Vorwiderstand R7 der Basiselektrode des Hilfsabschaltgliedes T4 zugeführt. Zum Testen des Hilfsabschaltzweiges L4-T4-R6 hat das Hilfsabschaltsignal ABr eine Dauer von 0,3 ms, worauf ein kurzzeitiger Strom durch den Stromerfassungswiderstand R6 fließen sollte. Der daraufhin sich über dem Stromerfassungswiderstand R6 ausbildende Spannungsabfall VR6 wird über eine erste Verstärkerschaltung IV21 als Hilfsbestätigungssignal SD einem Eingang B4 des Mikrocontrollers MC zugeführt. Der Stromerfassungswiderstand R6 und die erste Verstärkerschaltung IV21 entsprechen den Stromerfassungsmitteln BI4 aus Fig. 2. Vom Ausgang des Verstärkers IV31 führt außerdem über ein Verzögerungsglied, das aus einem Verzögerungswiderstand R9 sowie einem Verzögerungskondensator C6 besteht, und eine zweite ODER-Diode D7 eine Verbindung zur Basiselektrode des Kurzschlusschaltgliedes T6. Über diese Verbindung wird im Falle eines Versagens des Hauptabschaltzweiges L3-T3 nach dem den Magnetanker zurückführenden Schließen des Hilfsabschaltgliedes T4 noch zusätzlich der Dauerunterbrecher DU ausgelöst.

Der Hauptabschaltzweig besteht aus der Hauptabschaltspule L3, dem Halbleiter-Hauptabschaltglied T3 sowie einer ersten Surpressordiode D10 als Freilaufkreis für die Hauptabschaltspule L3. Der Mikrocontroller MC gibt an einem Ausgang La1 ein testendes und im erforderlichen Falle ein den Magnetanker zurückführendes Hauptabschaltsignal AB aus. Das Hauptabschaltsignal AB wird über einen integrierten Verstärker IV42, einer vierten ODER-Diode D44 und einem Vorwiderstand R18 der mit Teilerwiderständen R66, R67 beschalteten Basiselektrode des Hauptabschaltgliedes T3 zugeführt. Zum Testen des Hauptabschaltzweiges L3-T3-D10 hat das Hauptabschaltsignal AB eine Dauer von 0,3 ms, worauf eine messbare Spannungsabsenkung  $\Delta VC1$  an dem Ladungsspeicher C1 auftreten sollte. Die Spannungsabsenkung  $\Delta VC1$  wird über einen passiven Hochpass, bestehend aus einem Differen-

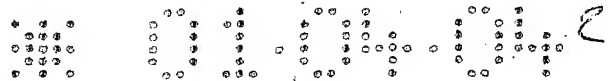




zierkondensator C2, einem Ableitwiderstand R21 sowie einer Begrenzerdiode D1, und eine zweite Verstärkerschaltung IV12 als Hauptbestätigungssignal SB einem Anschluss A4 des Mikrocontrollers MC zugeführt. Der Mikrocontroller MC überwacht, ob die Spannungsabsenkung  $\Delta VC1$  innerhalb eines vorgegebenen Fensters liegt. Eine zu geringe Spannungsabsenkung  $\Delta VC1$  bedeutet, dass ein ausbleibender oder zu geringer Spulenstrom IL3 in der Hauptabfallspule L3 nicht zu einer Rückführung des Magnetankers während des Abfallbetriebes führt. Eine zu hohe Spannungsabsenkung  $\Delta VC1$  dagegen bedeutet, dass die Kapazität des Ladungsspeichers C1 nicht mehr ausreicht, um einen ausreichenden Stromfluss durch die Hauptabfallspule L3 während des Abfallbetriebes zu liefern. Mit dem Ladungsspeicher C1 ist weiterhin über einen Spannungsteiler aus den Teilerwiderständen R19, R20 eine dritte Verstärkerschaltung IV11 verbunden, die an ihrem Ausgang ein zur Ladespannung VC1 proportionales Spannungskontrollsignal SA an einen Anschluss A5 des Mikrocontrollers MC liefert. Anhand des Spannungskontrollsignals SA überprüft der Mikrocontroller MC ob der Ladungsspeicher MC nach Aufschaltung der Steuerspannung Vi zur Gewährleistung des Abfallbetriebes ausreichend aufgeladen worden ist. Der Hochpass C2-R21, der Spannungsteiler R19-R20 sowie die zweite und die dritte Verstärkerschaltung IV12 bzw. IV11 bilden die Spannungserfassungsmittel BV1 gemäß Fig. 2.

Der Mikrocontroller MC gibt an einem Ausgang La3 periodisch Watchdog-Signale WDG aus, die von einer Watchdog-Überwachungsschaltung WC kontrolliert werden. Die Watchdog-Überwachungsschaltung WC ist an sich bekannt aus der Druckschrift WO 03 077 396 A1 und enthält eine Hochpass, einen von einem Halbleiterschalter im Rhythmus der Watchdog-Signale WDG entladbaren Ladekondensator und einen Spannungskomparator. Der Ausgang der Watchdog-Überwachungsschaltung WC ist über eine fünfte ODER-Diode mit dem Vorwiderstand R18 verbunden. Bei gestörtem Mikrocontroller MC bleiben die Watchdog-Signale WDG aus, worauf die Watchdog-Überwachungsschaltung WC durch Schließen des Hauptabschaltgliedes T3 den Abfallbetrieb einleitet.

Der Einschaltzweig besteht aus der Einschaltspule L1, dem Halbleiter-Einschaltglied T1, dem aktivierbaren Freilaufkreis FL und einer Surpressordiode D9, die zum zusätzlichen Überspannungsschutz dient. Der Mikrocontroller MC gibt über einen Ausgang La4 und eine Widerstandsbeschaltung R45 bis R48 ein pulsweitenmoduliertes Einschaltsignal AN aus. Das Einschaltsignal AN wird über einen integrierten Verstärker IV41 und einen Vorwiderstand R17 der Basiselektrode des Einschaltgliedes T1 zugeführt. Der aktivierbare Freilaufkreis FL enthält einen dem Ausgang des Verstärkers IV41 nachgeschalteten Hochpass, der aus einem Differenzierkondensator C4 und einem Ableitwiderstand R13 besteht, einen Ladekreis, der aus einer vom Hochpass C4-R13 ausgehenden Reihenschaltung einer Gleichrichterdiode D4



und einem Ladewiderstand R15, aus einem Ladekondensator C3, aus einer Begrenzerdiode D3 und aus einem Entladewiderstand R16 besteht, und eine parallel zur Einschaltspule L1 angeordnete Reihenschaltung aus einer Freilaufdiode D2 und einem Halbleiter-Aktivierungsschaltglied T2, dessen Gateelektrode mit dem Ladekondensator C3 verbunden ist. Mit der pulsgesteuerten Aktivierung des Einschaltgliedes T1 beginnt das „Aufpumpen“ der Ladekondensators C3 im Rhythmus der am Verstärker IV41 anstehenden Pulse des Einschaltsignals AN. Nach wenigen Pulsen des Einschaltsignals AN ist die Spannung über dem Ladekondensator C3 soweit angestiegen, dass das Aktivierungsschaltglied T2 schließt und die Freilaufdiode D2 aktiv mit der Einschaltspule L1 verbindet. Der Freilaufkreis FL befindet sich nun im aktiven Zustand. Mit Beendigung des Einschaltsignals AN wird der Ladekondensator C3 wieder über den Entladewiderstand R16 entladen, wobei durch Sperren des Aktivierungsschaltgliedes T2 die Freilaufdiode D2 von der Einschaltspule L1 getrennt wird. Damit befindet sich der Freilaufkreis FL wieder im inaktiven Zustand.

Von dem Verbindungspunkt zwischen Einschaltspule L1, Einschaltglied T1 und aktivierbarem Freilaufkreis FL führt ein Spannungsteiler R24-R25 zu einer vierten Verstärkerschaltung IV91. Die beim Testen des Hauptabschaltzweiges L3-T3-D10 in der Einschaltspule L1 bei deaktiviertem Freilaufkreis FL induzierte Spannungsabsenkung  $+\Delta V_{L1}$  wird über eine vierte Verstärkerschaltung IV91 als Sperrkontrollsignal SC an einen Anschluss A6 des Mikrocontrollers MC geführt. Der Spannungsteiler R24-R25 und die vierte Verstärkerschaltung IV91 entsprechen den weiteren Spannungserfassungsmitteln BV1 gemäß Fig. 2.

Von dem Verbindungspunkt zwischen Einschaltspule L1, Einschaltglied T1 und Freilaufkreis FL führt ein weiterer Spannungsteiler R11-R12 zu der Basiselektrode eines Schalttransistors T5, dessen Kollektorelektrode mit einem Ladewiderstand R10 und einem weiteren Ladekondensator C5 verbunden ist. Vom Ladekondensator C5 führt eine dritte ODER-Diode D5 zur Basiselektrode des Kurzschlusschaltgliedes T6. Außerhalb des Anzugsbetriebes ist das Einschaltglied T1 gesperrt, wodurch der Ladekondensator C5 über die Kollektor-Emitter-Strecke des durch die Einschaltspule L1 und den Spannungsteiler R11-R12 geschlossenen Schalttransistors T5 entladen ist. Im Anzugsbetrieb wird durch die im Pulsrhythmus des Einschaltsignals AN auftretenden Spannungsimpulse über dem Einschaltglied T1 der Schalttransistor T5 wechselseitig geschlossen und gesperrt, sodass sich über dem wechselseitig auf- und entladenen Ladekondensators C5 keine wesentliche Spannung aufbauen kann. Bei infolge eines Defektes dauernd geschlossenem Einschalttransistor T1, im Allgemeinen infolge Durchlegierens, ist jedoch der Schalttransistor T5 ständig gesperrt. Dann wird mit fortschreitender Aufladung des Ladekondensators C5 über den Ladewiderstand R10 das Kurzschlusschaltglied T5 geschlossen und mit nachfolgender Auslösung der Kurzschlusssicherung F1



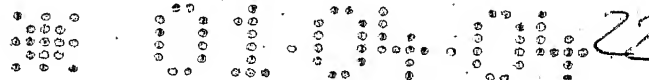
die abschaltbare Steuerspannung  $V_i'$  dauernd abgeschaltet. Der Magnetantrieb ist gegen Einschalten gesichert. Der Spannungsteiler R11-R12, der Schalttransistor T5, der Ladewiderstand R10 und der Ladekondensator C5 entsprechen zusammen dem aktiven Tiefpass AT gemäß Fig. 2. Vom Knotenpunkt der ersten bis dritten ODER-Dioden D5 bis D7 und eines Knotenwiderstandes R8 wird ein Auslösesignal SE zu einem Eingang B3 des Mikrocontrollers MC geführt. Beim Empfang eines Auslösesignals SE gibt der Mikrocontroller MC vorsorglich ein Hauptabschaltsignal AB aus, um den möglicherweise schon angezogenen Magnetanker zurückzuführen.

Neben der vorstehend geschilderten Funktionsüberwachung des Einschaltgliedes T1 weist die Schaltungsanordnung noch weitere, nachfolgend beschriebene Selbstüberwachungsfunktionen auf, die dafür sorgen, dass Schaltungsanordnung und Magnetantrieb in einen definierten sicherheitsrelevanten Zustand übergehen.

Im Falle eines Drahtbruches zur oder in der Hauptabschaltspule L3 oder im Falle eines dauernd gesperrten Hauptabschaltgliedes T3 wird nach testweiser Ausgabe des Hauptabschaltsignals AB wegen des Fehlens einer Spannungsabsenkung  $-\Delta V_{C1}$  am Ladungsspeicher C1 kein Hauptbestätigungssignal SB von der zweiten Verstärkerschaltung IV12 ausgegeben. Der Mikrocontroller MC gibt daraufhin zuerst ein Hilfsabschaltsignal ABr zur Zurückführung des Magnetankers in die abgefallene Stellung und danach ein Kurzschlussignal CB zur Dauerabschaltung der abschaltbaren Steuerspannung  $V_i'$  aus. Der Magnetantrieb lässt sich danach nicht mehr betreiben.

Sollte die Kapazität des Ladungsspeichers C1 auf einen nicht mehr zu tolerierenden Wert gesunken oder die mit der Hauptabschaltspule L3 verbundene Surpressordiode D10 durchleiert sein, wird nach testweiser Ausgabe des Hauptabschaltsignals AB wegen einer zu großen Spannungsabsenkung  $-\Delta V_{C1}$  am Ladungsspeicher C1 ein das vorgegebene Fenster überschreitendes Hauptbestätigungssignal SB von der zweiten Verstärkerschaltung IV12 ausgegeben. Der Mikrocontroller MC gibt daraufhin zuerst ein Hilfsabschaltsignal ABr zur Zurückführung des Magnetankers in die abgefallene Stellung und danach ein Kurzschlussignal CB zur Dauerabschaltung der abschaltbaren Steuerspannung  $V_i'$  aus. Der Magnetantrieb lässt sich danach nicht mehr betreiben.

Befindet sich der aktivierbare Freilaufkreis immer im aktiven Zustand, wird nach testweiser Ausgabe des Hauptabschaltsignals AB wegen einer kaum feststellbaren Spannungserhöhung  $+\Delta V_{L1}$  an der Einschaltspule L1 kein Sperrkontrollsignal SC von der vierten Verstärkerschaltung IV91 ausgegeben. Der Mikrocontroller MC gibt daraufhin zuerst ein Hilfsabschaltsignal



signal ABr zur Zurückführung des Magnetankers in die abgefallene Stellung und danach ein Kurzschlussignal CB zur Dauerabschaltung der abschaltbaren Steuerspannung Vi' aus. Der Magnetantrieb lässt sich danach nicht mehr betreiben.

Falls das Hauptabschaltglied T3 durchlegiert, d.h. ständig leitend ist, wird nach Anlegen des Steuersignals Vi wegen des Nichterreichens einer erforderlichen Ladespannung VC1 über dem Ladungsspeicher C1 kein Spannungskontrollsignal SA von der dritten Verstärkerschaltung IV11 ausgegeben. Der Mikrocontroller MC gibt darauf hin ein Kurzschlussignal CB zur Dauerabschaltung der abschaltbaren Steuerspannung Vi' aus. Der Magnetantrieb lässt sich danach nicht mehr betreiben.

Im Falle eines Drahtbruches zur oder in der Hilfsabschaltspule L4 oder im Falle eines dauernd gesperrten Hilfsabschaltgliedes T4 wird nach testweiser Ausgabe des Hilfsabschaltsignals ABr wegen des Fehlens eines Spannungsabfalls VR6 am Stromerfassungswiderstand R6 kein Hilfsbestätigungssignal SD von der ersten Verstärkerschaltung IV21 ausgegeben. Der Mikrocontroller MC gibt daraufhin zuerst ein Hauptabschaltsignal AB zur Zurückführung des Magnetankers in die abgefallene Stellung und danach ein Kurzschlussignal CB zur Dauerabschaltung der abschaltbaren Steuerspannung Vi' aus. Der Magnetantrieb lässt sich danach nicht mehr betreiben.

Falls das Hilfsabschaltglied T4 durchlegiert, d.h. ständig leitend ist, wird nach Anlegen des Steuersignals Vi wegen des Nichterreichens einer erforderlichen Ladespannung VC1 über dem Ladungsspeicher C1 kein Spannungskontrollsignal SA von der dritten Verstärkerschaltung IV11 ausgegeben. Der Mikrocontroller MC gibt darauf hin ein Kurzschlussignal CB zur Dauerabschaltung der abschaltbaren Steuerspannung Vi' aus. Der Magnetantrieb lässt sich danach nicht mehr betreiben.

Nach Durchlegieren des Kurzschlusschaltgliedes T6 können mit dem Zusammenbrechen der Steuerspannung Vi zwei alternative Fälle eintreten. Im ersten Fall wird durch Ausgabe des Hauptabschaltsignals AB der Magnetanker in die abgefallene Stellung zurückgeführt bevor die Kurzschlussicherung F1 nachfolgend auslöst. Im zweiten Fall löst die Kurzschlussicherung F1 aus, nachdem der über die vierte Verstärkerschaltung IV91 erfasste Spannungseinbruch den Mikrocontroller MC veranlasst hat, ein Hilfsabschaltsignal ABr zur Zurückführung des Magnetankers auszugeben. Auch hier lässt sich in beiden Fällen der Magnetantrieb nicht mehr betreiben.

Bei Ausfall der +5 V-Versorgungsgleichspannung wird mit ausbleibenden Watchdog-Signalen WDG über die Watchdog-Überwachungsschaltung WC die Rückführung des Magnetankers in die abgefallene Stellung veranlasst. Bei Ausfall der +13,6 V-Versorgungsgleichspannung werden die Watchdog-Überwachungsschaltung WC und der integrierte Verstärker IV42 inaktiv. Durch Schließen des Hauptabschaltgliedes T3 über den mit seiner Basiselektrode verbundenen Spannungsteiler R66-R67 wird der Magnetanker in die abgefallene Stellung zurückgeführt. Ohne Wiederherstellung der Versorgungsgleichspannungen lässt sich der Magnetantrieb nicht mehr betreiben.

Die Zeitdiagramme in Fig. 5 demonstrieren sowohl den Verlauf des erfindungsgemäßen Verfahrens als auch das Arbeiten der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung ohne Auftreten der vorstehend beschriebenen Ausfallerscheinungen. Mit Anlegen der Steuerspannung  $V_i$  zum Zeitpunkt  $t_A$  wird durch Aufladen des Ladungsspeichers C1 gemäß Verfahrensschritt A die Ladespannung  $VC_1$  aufgebaut, wobei mittels des Spannungskontrollsignals SA die Höhe der Ladespannung  $VC_1$  überwacht wird. Der Verfahrensschritt B beginnt zum Zeitpunkt  $t_{B1}$  mit der Ausgabe eines Hilfsabschaltsignals  $ABr$  von 0,3 ms zum Testen des Hilfsabschaltkreises, worauf durch den kurzzeitigen Strom  $IL_4$  durch die Hilfsabschaltspule L4 ein Hilfsbestätigungssignal SD generiert wird. Nachfolgend wird zu einem Zeitpunkt  $t_{B2}$  ein Hauptabschaltsignal AB zum Testen des Hauptabschaltzweiges ausgegeben, worauf ein durch die kurzzeitige Spannungsabsenkung  $-\Delta VC_1$  der Ladespannung  $VC_1$  ein Hauptbestätigungssignal SB generiert wird. Durch den kurzzeitigen Hilfsabschaltstrom  $IL_4$  und den kurzzeitigen Hauptabschaltstrom  $IL_3$  werden in der Einschaltspule L1 Spannungen induziert, die im Falle der durch den kurzzeitigen Hauptabschaltstrom  $IL_3$  induzierten Spannungserhöhung  $+\Delta VL_1$  mit dem Sperrkontrollsignal SC ausgegeben wird. Der Verfahrensschritt C beginnt zum Zeitpunkt  $t_{C1}$  und endet zum Zeitpunkt  $t_{C2}$  mit dem pulsweitengesteuerten Einschaltsignal AN. Mit dem verzögerten Abklingen eines Stromes  $IL_1$  beträchtlicher Dauer durch die Einschaltspule L1 endet der Anzugsbetrieb und beginnt der Haltebetrieb.

Gemäß Verfahrensschritt D erfolgt während des Haltebetriebes in periodischer Wiederholung das Testen des Hilfsabschaltzweiges sowie des Hauptabschaltzweiges mit Ausgabe von Hilfsabschaltsignalen  $ABr$  und von Hauptabschaltsignalen AB von jeweils 0,3 ms Dauer zu den Zeitpunkten  $t_{D1}$  bzw.  $t_{D2}$ . Auch hierbei erfolgt die Ausgabe von Hilfsbestätigungssignalen SD und von Hauptbestätigungssignalen SB infolge der kurzzeitigen Spulenströme  $IL_4$  bzw.  $IL_3$  sowie das Aufprägen der induzierten Spannungserhöhungen  $+\Delta VL_1$  auf das Sperrkontrollsignal SC infolge des kurzzeitigen Spulenstromes  $IL_3$ . Durch Wegschalten der Steuerspannung  $V_i$  zum Zeitpunkt  $t_{E1}$  endet der Haltebetrieb und beginnt der Abfallbetrieb gemäß dem Verfahrensschritt E. Durch Ausgabe eines Hauptabschaltsignals AB von beträchtlicher

Dauer fließt ein vom Ladungsspeicher C1 gelieferter Strom  $IL3$  durch die Hauptabschaltspule L3, wodurch der Magnetanker in die abgefallene Stellung zurückgeführt wird. Die Ladespannung VC1 fällt dabei nahezu auf Null. Mit Beendigung des Hauptabschaltsignals AB zum Zeitpunkt  $tE2$  ist der Abfallbetrieb beendet, damit der Ruhezustand des Magnetantriebes erreicht und dieser wieder bereit, bei erneutem Anlegen der Steuerspannung  $V_i$  in den Anzugsbetrieb überzugehen.

Ergänzend sei darauf hingewiesen, dass die dem Sperrkontrollsignal SC aufgeprägten Spannungserhöhungen sowohl durch die induktive Kopplung zwischen der Hilfsabschaltspule L4 und der Einschaltspule L1 als auch durch die induktive Kopplung zwischen der Haupteinschaltspule L3 und der Einschaltspule L1 hervorgerufen werden.

Eine Abwandlung im Rahmen der Erfindung besteht auch hier darin, dass die auf den Magnetanker auszuübende Rückhaltekraft zusätzlich oder alternativ durch mindestens einen weiteren Permanentmagneten bewirkt. Rückhaltefedern für die Rückhaltekraft sind beispielsweise in der bereits genannten DE 101 33 713 C1 aufgeführt. Weitere Permanentmagneten für die Rückhaltekraft sind beispielsweise in der bereits genannten EP 0 721 650 B1 aufgeführt.



## Bezugszeichenliste

$\Delta VC1$	Spannungsabsenkung	L3	Hauptabschaltspule
$\Delta VL1$	Spannungserhöhung	L4	Hilfsabschaltspule
A0; A1	Versorgungsklemmen	La0 ... La4	MC-Ausgänge
A2 ... A6	MC-Anschlüsse	MC	Mikrocontroller
AB	Hauptabschaltsignal	R10	Ladewiderstand
ABr	Hilfsabschaltsignal	R11; R12	Teilerwiderstände
AN	Einschaltsignal	R13	Ableitwiderstand
AT	aktiver Tiefpass	R13	Ableitwiderstand
B3; B4	MC-Eingänge	R14; R15	Ladewiderstand
BI4	Stromüberwachungsmittel	R16	Entladewiderstand
BV1; BV3	Spannungserfassungsmittel	R17; R18	Vorwiderstand
BVi	Steuerspannungscontroller	R19; R20	Teilerwiderstände
C1	Ladungsspeicher	R21	Ableitwiderstand
C10	Entstörkondensator	R24; R25	Teilerwiderstände
C2	Differenzierkondensator	R35	Begrenzungswiderstand
C28	Integrationswiderstand	R45 ... R48	Widerstandsbeschaltung
C3	Ladekondensator	R6	Stromerfassungswiderstand
C4	Differenzierkondensator	R65	Rückführwiderstand
C5	Ladekondensator	R66; R67	Teilerwiderstände
C6	Verzögerungskondensator	R7	Vorwiderstand
CB	Kurzschließsignal	R8	Knotenwiderstand
D11 ... D14	Gleichrichterdioden	R9	Verzögerungswiderstand
D2	Freilaufdiode	RES	Rücksetzsignal
D20; D21	Entkoppeldioden	S1; S2	Speiseanschlüsse
D3	Begrenzerdiode	SA	Spannungskontrollsignal
D4	Gleichrichterdiode	SB	Hauptbestätigungssignal
D44; D45	ODER-Dioden	SC	Sperrkontrollsignal
D5; D6; D7	ODER-Dioden	SD	Hilfsbestätigungssignal
D8	Entkoppeldiode	SE	Auslösesignal
D9; D10	Surpressordiode	ST	Schaltnetzteil
DU	Dauerunterbrecher	T1	Einschaltglied
E1	Eingangsschaltung	T2	Aktivierungsschaltglied
F1	Kurzschlussicherung	T3	Hauptabschaltglied
FL	Freilaufkreis	T4	Hilfsabschaltglied
IL1; IL3; IL4	Spulenstrom	T5	Schalttransistor
IV11	dritte Verstärkerschaltung	T6	Kurzschlusschaltglied
IV12	zweite Verstärkerschaltung	Va	Versorgungsspannung
IV21	erste Verstärkerschaltung	VC1	Ladespannung
IV31; IV32	Verstärker	Vi; Vi'	Steuerspannung
IV41; IV42	Verstärker	VR6	Spannungsabfall
IV7	Verstärker	W1	Steuerspannungsleitung
IV91	vierte Verstärkerschaltung	WC	Watchdog-Überwachung
L1	Einschaltspule	WDG	Watchdog-Signal

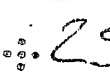
## Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines aus Magnetjoch, Permanentmagneten, Magnetanker und elektromagnetischen Spulenmitteln (L1, L3, L4) bestehenden Magnetantriebes durch eine eingangsseitig an eine mikrocontrollerimplementierte Steuerschaltung anzulegende Steuerspannung (Vi), mit
  - permanentmagnetisch unterstütztem, elektromagnetischem Anzugsbetrieb entgegen einer Rückhaltekraft ab Anlegen der Steuerspannung (Vi),
  - anschließend ausschließlich permanentmagnetischem Haltebetrieb bei weiterhin anliegender Steuerspannung (Vi) und
  - durch die Rückhaltekraft unterstütztem, elektromagnetisch entgegen der permanentmagnetischen Haltekraft bewirktem Abfallbetrieb durch Entladen eines während des Anzugs- und Haltebetriebes geladenen kapazitiven Ladungsspeichers (C1) ab Wegfall der Steuerspannung (Vi),**gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:**
  - A) nach Anlegen der Steuerspannung (Vi) wird die Steuerschaltung rückgesetzt initialisiert und die Aufladung des Ladungsspeichers (C1) eingeleitet,
  - B) daraufhin werden in willkürlich festgelegter Reihenfolge eine Hilfsabschaltspule (L4) und eine Hauptabschaltspule (L3) kurzzeitig angesteuert, worauf bei Ausbleiben eines Stromflusses durch eine der beiden Abschaltspulen (L3; L4) eine Dauerabschaltung der Steuerspannung (Vi) erfolgt,
  - C) dagegen wird nach Erkennen eines Stromflusses durch beide Abschaltspulen (L3; L4) eine Einschaltspule (L1) zum Überführen des Magnetankers in die angezogene Stellung angesteuert und danach stromlos geschaltet,
  - D) daraufhin werden in willkürlich festgelegter Reihenfolge die Hilfsabschaltspule (L4) und die Hauptabschaltspule (L3) ohne Auswirkung auf den Magnetanker kurzzeitig angesteuert, worauf bei Ausbleiben eines Stromflusses durch die Hilfsabschaltspule (L4) der Ladungsspeicher (C1) über die Hauptabschaltspule (L3) zum Überführen des Magnetankers in die abgefallene Stellung entladen bzw. bei Ausbleiben eines Stromflusses durch die Hauptabschaltspule (L3) die Hilfsabschaltspule (L4) zum Überführen des Magnetankers in die abgefallene Stellung angesteuert und in beiden Fällen nachfolgend eine Dauerabschaltung der Steuerspannung (Vi) erfolgt,
  - E) dagegen wird nach Erkennen der Stromflüsse durch die Abschaltspulen (L3; L4) der Verfahrensschritt D aufgenommen, jedoch ab Wegfall der Steuerspannung (Vi) der Ladungsspeicher (C1) über die Hauptabschaltspule (L3) zum Überführen des Magnetankers in die abgefallene Stellung entladen.



2. Verfahren nach vorstehendem Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die kurzzeitige Ansteuerung der Hauptabschaltspule (L1) gemäß dem Verfahrensschritt B erst bei ausreichend aufgeladenen Zustand des Ladungsspeichers (C1) erfolgt.
3. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die dauernde Abschaltung der Steuerspannung (Vi) gemäß der Verfahrensschritte B und D durch Kurzschlussauslösung erfolgt.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der kurzzeitige Stromfluss durch die Hilfsabschaltspule (L4) gemäß der Verfahrensschritte B und D als widerstandsbehafteter Spannungsabfall (VR6) erfasst wird.
5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der kurzzeitige Stromfluss durch die Hauptabschaltspule (L3) gemäß der Verfahrensschritte B und D als Spannungsabsenkung ( $-\Delta V_{C1}$ ) über den Ladungsspeicher (C1) erfasst wird.
6. Verfahren nach vorstehendem Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass sowohl bei zu geringer als auch bei zu hoher Spannungsabsenkung ( $-\Delta V_{C1}$ ) die Hilfsabschaltspule (L4) angesteuert und danach eine Dauerabschaltung der Steuerspannung (Vi) erfolgt.
7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei Fehlen einer infolge des kurzzeitigen Stromflusses durch eine der beiden Abschaltspulen (L3; L4) an der Einschaltspule (L1) induzierten Spannungserhöhung ( $+\Delta V_{L1}$ ) die jeweils andere Abschaltspule (L4; L3) erforderlichenfalls zum Überführen des Magnetankers in die abgefallene Stellung angesteuert wird und unbedingt eine Dauerabschaltung der Steuerspannung (Vi) erfolgt.
8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei Ausfall des Mikrocontrollers der Ladungsspeicher (C1) über die Hauptabschaltspule (L3) zum Überführen des Magnetankers in die abgefallene Stellung entladen wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass bei Ausfall des Mikrocontrollers die Hilfsabschaltspule (L4) zum Überführen des Magnetankers in die abgefallene Stellung angesteuert wird.

10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Rückhaltekraft durch mindestens eine mit dem Magnetanker wirkverbundene Rückstellfeder aufgebracht wird.
11. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Rückhaltekraft durch mindestens einen mit dem Magnetanker wirkverbundenen weiteren Permanentmagneten aufgebracht wird.
12. Schaltungsanordnung zum Betreiben eines Magnetantriebes, der aus Magnetjoch, mindestens einem magnetjochseitig angeordneten Permanentmagneten, einem Magnetanker und eine Rückhaltekraft ausübenden Rückhaltmitteln besteht, enthaltend das Magnetjoch umgebende elektromagnetische Spulenmittel (L1; L3; L4), eine eingangsseitig von einer gleichgerichteten Steuerspannung (Vi) gespeiste und beaufschlagte, sowie einen Mikrocontroller (MC) enthaltende Steuerschaltung und einen kapazitiven Ladungsspeicher (C1), wobei der Magnetanker ab Anlegen der Steuerspannung (Vi) entgegen der Rückhaltekraft permanentmagnetisch unterstützt angezogen, bei weiterhin anliegender Steuerspannung (Vi) ausschließlich permanentmagnetisch gehalten und ab Wegfall der Steuerspannung (Vi) mit Unterstützung durch die Rückhaltekraft sowie entgegen der permanentmagnetischen Haltekraft durch Entladen des Ladungsspeichers (C1) abfällt, **gekennzeichnet durch**
  - einen auslösbaren Dauerunterbrecher (DU) zur Dauerabschaltung der über Speiseanschlüsse (S1; S2) zuführbaren Steuerspannung (Vi),
  - einen mit den Speiseanschlüssen (S1; S2) verbundenen Hilfsabschaltzweig aus der Reihenschaltung einer Hilfsabschaltspule (L4), einem Hilfsabschaltglied (T4) und Stromüberwachungsmitteln (BI4),
  - einen dem Dauerunterbrecher (DU) nachgeschalteten Einschaltzweig aus der Reihenschaltung einer Einschaltspule (L1) und einem Einschaltglied (T1),
  - einen dem Dauerunterbrecher (DU) nachgeschalteten Hauptabschaltzweig aus der Reihenschaltung einer in Durchlassrichtung gepolten Entkoppeldiode (D8), einer Hauptabschaltspule (L3) und einem Hauptabschaltglied (T3), wobei der Ladungsspeicher (C1) parallel zur Hauptabschaltspule (L3) und zum Hauptabschaltglied (T3) angeordnet ist,
  - Spannungserfassungsmittel (BV3), die parallel zum Ladungsspeicher (C1) angeordnet sind,
  - eingangsseitige Verbindungen des Mikrocontrollers (MC) mit den Stromerfassungsmitteln (BI4), den Spannungserfassungsmitteln (BV3) sowie einem eingangsseitig mit den Speiseanschlüssen (S1; S2) verbundenen Steuerspannungs-



controller (BVi) und ausgangsseitige Verbindungen des Mikrocontrollers (MC) mit den Schaltgliedern (T1; T3; T4) sowie dem Dauerunterbrecher (DU), wobei der Mikrocontroller (MU) programmäßig so ausgelegt ist, dass er nach Anlegen einer Steuerungsspannung (Vi) initialisiert wird, in festlegbarer Reihenfolge das Hilfs- und das Hauptabschaltglied (T4; T3) ohne mögliche Wirkung auf den Magnetanker kurzzeitig schließt, das Einschaltglied (T1) zum Überführen des Magnetankers in die angezogene Stellung pulsgesteuert aktiviert und danach deaktiviert und nach Wegfall der Steuerungsspannung (Vi) das Hauptabschaltglied (T3) zum Überführen des Magnetankers in die abgefallene Stellung schließt, jedoch bei ausbleibendem Ausgangssignal der Stromerfassungsmittel (BI4) oder der Spannungserfassungsmittel (BV3) das Haupt- bzw. das Hilfsabschaltglied (T3; T4) zum Überführen des Magnetankers in die abgefallene Stellung unmittelbar schließt und nachfolgend den Dauerunterbrecher (DU) auslöst.

13. Schaltungsanordnung nach vorstehendem Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass der Dauerunterbrecher (DU) aus einer zu einer der Speiseklemmen (S1) führenden Kurzschlussicherung (F1) mit einem nachgeschalteten Kurzschlusschaltglied (T6) besteht.
14. Schaltungsanordnung nach vorstehendem Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass ein aktiver Tiefpass (AT) eingangsseitig mit der Einschaltspule (L1) und ausgangsseitig mit dem Kurzschlusschaltglied (T6) in der Weise verbunden ist, dass ein bei gesperrtem bzw. geöffnetem Einschaltglied (T1) sich entladender bzw. aufladender Ladekondensator (C5) bei Erreichen einer festgelegten Ladespannung das Kurzschlusschaltglied (T6) schließt.
15. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Stromüberwachungsmittel (BI4) aus einem Stromerfassungswiderstand (R6) und einer davon ausgehenden ersten Verstärkerschaltung (IV21) bestehen.
16. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannungserfassungsmittel (BV3) einen mit dem Ladungsspeicher (C1) verbundenen Hochpass (C2-R21) sowie eine davon ausgehende und zum Mikrocontroller (MC) führende zweite Verstärkerschaltung (IV12) aufweisen.
17. Schaltungsanordnung nach vorstehendem Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannungserfassungsmittel (BV3) eine von dem Ladungsspeicher (C1) ausgehende und zum Mikrocontroller (MC) führende dritte Verstärkerschaltung (IV11) aufweisen.

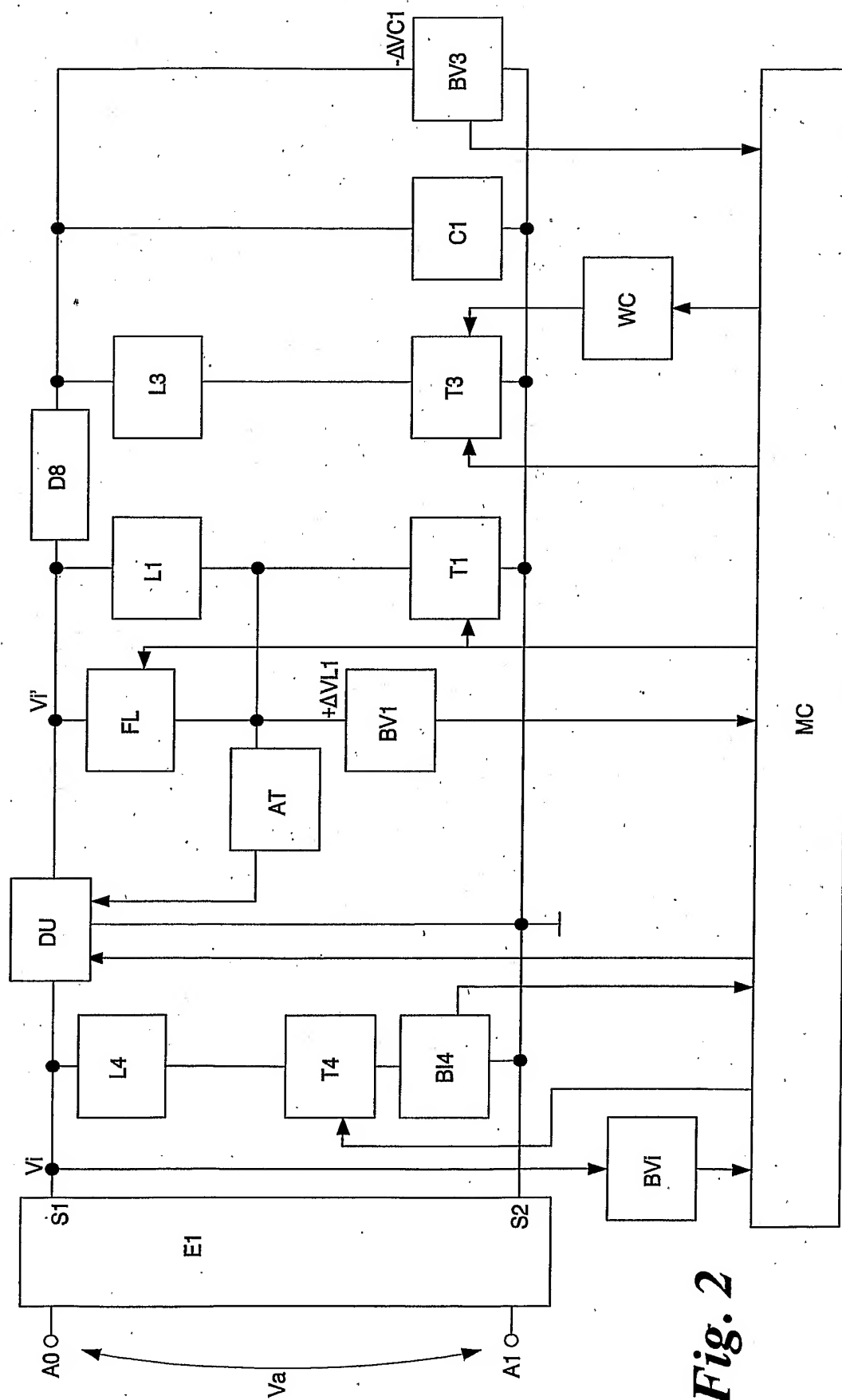


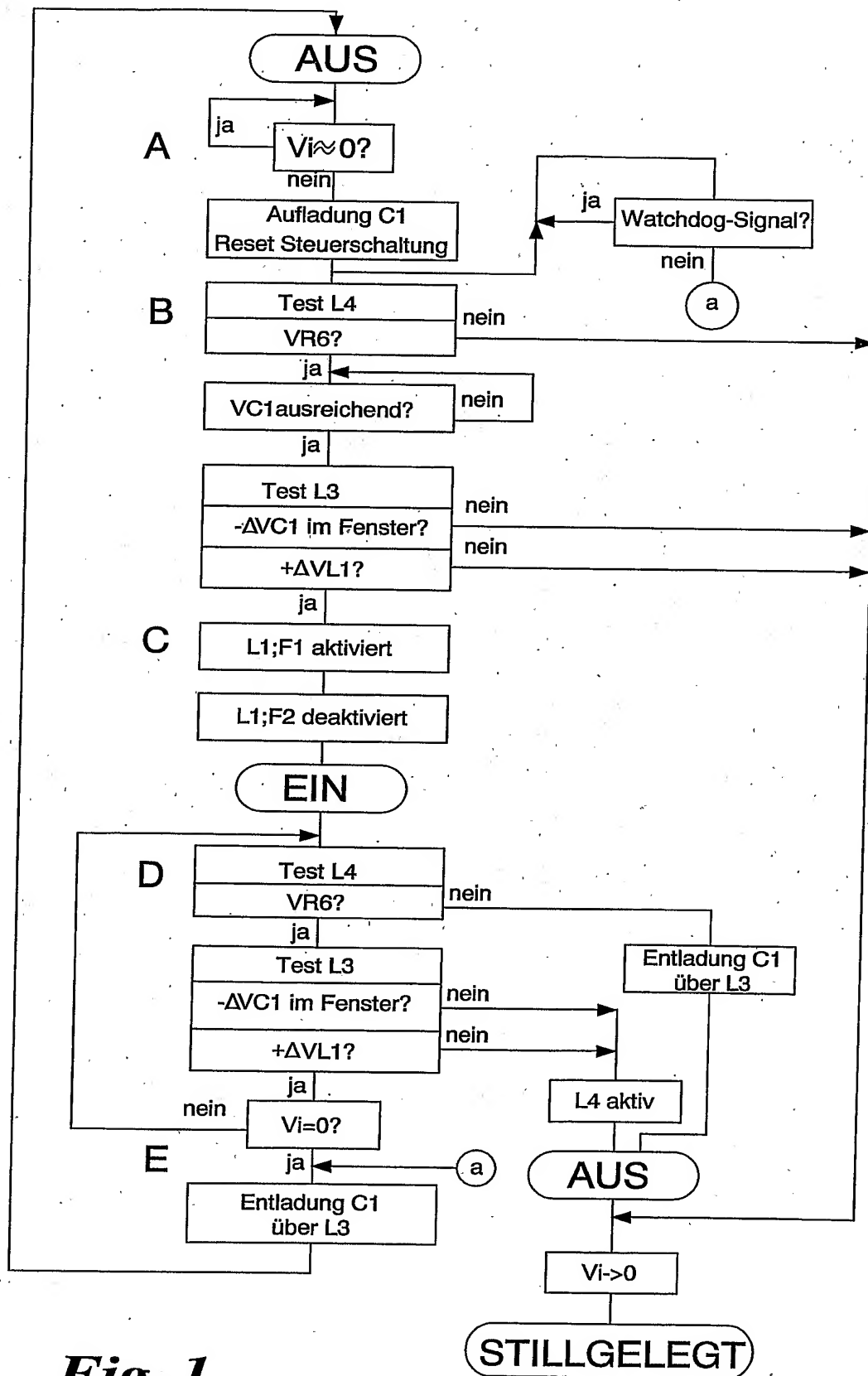
18. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 12 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass mit der Einschaltspule (L1) ein aktivierbarer Freilaufkreis (FL) und weitere Spannungserfassungsmittel (BV1), die eine während des kurzzeitigen Schließens der Hauptabschaltspule (L3) oder/und der Hilfsabschaltspule (L4) induzierte Spannungserhöhung (+ $\Delta V_{L1}$ ) erfassen und zum Mikrocontroller (MC) führen, verbunden sind, und der Mikrocontroller (MC) bei fehlender Spannungserhöhung (+ $\Delta V_{L1}$ ) das Hilfsabschaltglied (T4) oder das Hauptabschaltglied (T3) zum Überführen des Magnetankers in die abgefallene Stellung schließt und danach den Dauerunterbrecher (DU) auslöst.
19. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 12 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine mit dem Magnetanker wirkverbundene Rückstellfeder als Rückhaltemittel vorgesehen ist.
20. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 12 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass als Rückhaltemittel mindestens ein mit dem Magnetanker wirkverbundener weiterer Permanentmagnet vorgesehen ist.

## Zusammenfassung

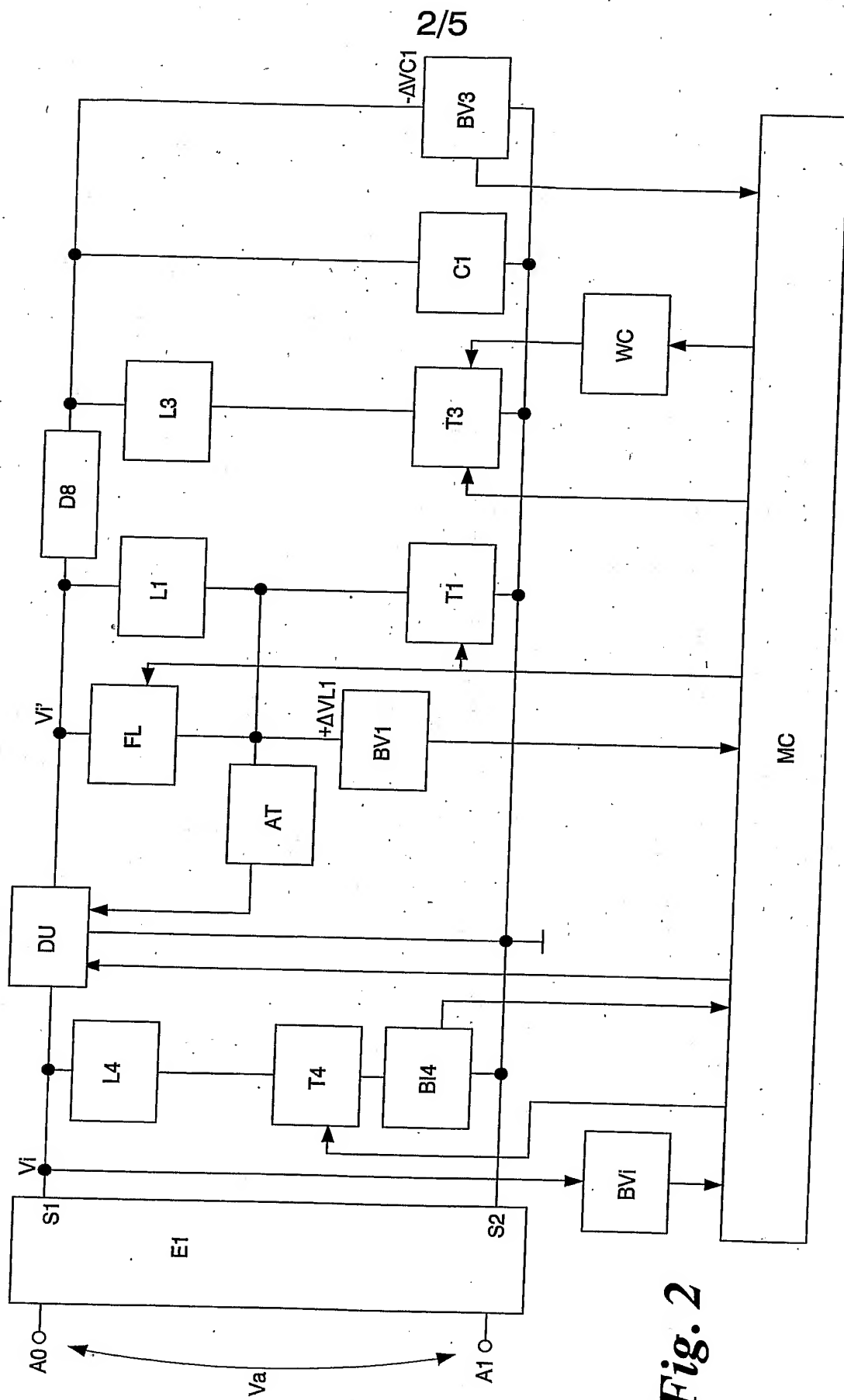
Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Schaltungsanordnung zum Betreiben eines Magnetantriebes mit permanentmagnetischem Haltebetrieb. Das zu lösende Problem besteht in der sicheren Überführung des Magnetantriebes in den Abgefallen-Zustand des Magnetan-  
kers sowohl nach Abschalten der Steuerspannung als auch nach Auftreten von Schaltungs-  
defekten. Dazu wird nach Anlegen der Steuerspannung ( $V_i$ ) eine Steuerschaltung initialisiert und das Aufladen eines Ladungsspeichers (C1) eingeleitet, eine Einschaltspule (L1) einge-  
schaltet sowie nach Einnahme des Haltezustandes wieder abgeschaltet und nach Wegnah-  
me der Steuerspannung ( $V_i$ ) eine Hauptabschaltspule (L3) zum Entladen des Ladungsspei-  
chers (C1) zwecks Überführung in den Abgefallen-Zustand eingeschaltet. Durch kurzzeitiges,  
regelmäßig wiederholtes Bestromen der Hauptabschaltspule (L3) und einer dazu redundan-  
ten Hilfsabschaltspule (L4) werden diese laufend getestet. Bei negativem Testergebnis wird  
die jeweils andere Abschaltspule (L4) bzw. (L3) zum Erreichen des Abgefallen-Zustandes  
eingeschaltet und anschließend die Steuerspannung ( $V_i$ ) bleibend abgeschaltet.

Fig. 2





**Fig. 1**



**Fig. 2**





**Fig. 3**

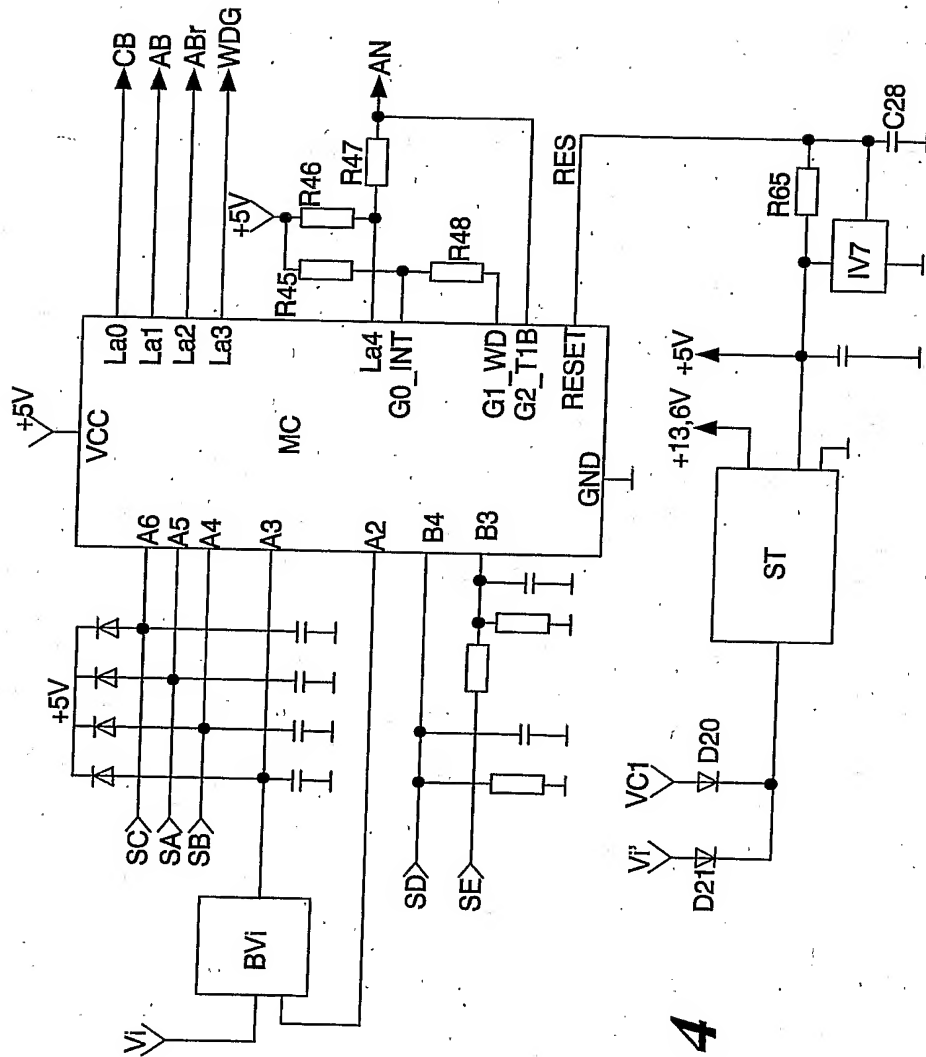
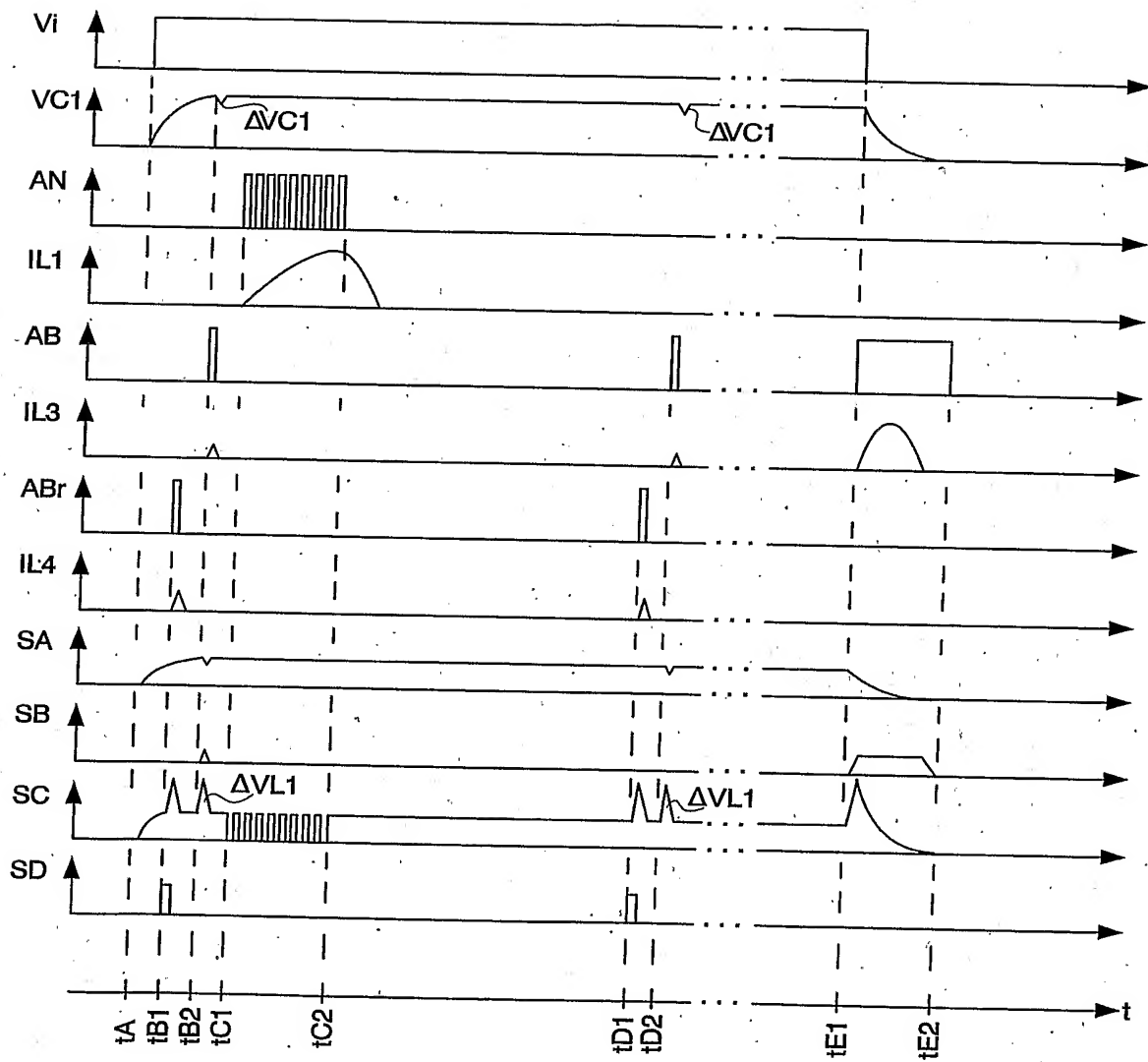


Fig. 4

**Fig. 5**